

(美) C. A. 法兰西斯等著

# 多熟制

间套复种制

*Duoshuzhi*



王在德 阴国大 等译  
王 璞 籍增顺  
王在德 校

北京农业大学出版社

# 多 熟 制

(间套复种制)

〔美〕 C. A. Francis 等 著

王 在 德 阴 国 大 等 译

王 璞 籍 增 顺

王 在 德 校

国家自然科学基金资助项目

责任编辑：吴 肖 菊

封面设计：徐 明 葆

## 多 熟 制

(间套复种制)

[美] C. A. Francis 等著

王 在 德 阴 国 大 等 译

王 璞 籍 增 顺

王 在 德 校

北京农业大学出版社出版

(北京市海淀区圆明园西路2号)

北京农业大学印刷厂印刷

新华书店首都发行所发行

787×1092毫米32开本 13.5印张 311千字

1989年11月第1版 1989年11月第1次印刷

印数：1—3000

ISBN 7-81002-112-5/S113

定 价：6.50 元

## 校 译 者 序

多熟制是我国农业的传统，也是第三世界发展中国家农业的传统。早在二千多年前的战国时代，我国就奠定了小麦谷子一年两熟的基础，其后有稻麦两熟，双季稻或三季稻，麦稻稻、肥稻稻、油稻稻三熟制，以及小麦和玉米、棉麦间套作等多熟的经验。这些经验不仅合理利用光、热、水、土地和劳力资源，提高粮食产量，而且也是我国农业长盛不衰的秘密所在，从而引起世界各国农业科学家的重视。

本世纪初美国学者 F.H.King 到我国考察后，于1911年发表了他写的“4千年的农民”，将中国多熟制和地力常盛不衰的经验供诸于世，继有英国科学家 S.A.Howard 总结中国农业传统的专著“农业圣典”和美国学者 J.I.Rodale 写的“堆肥农业和园艺”，都提到中国多熟制与地力不衰的有机生态农业的经验。60年代后，许多社会学家和人类学家研究发现，世界上所有的民族都从事多熟制，更加引起大家的广泛重视。正如美国农业生态学家 G.W.Cox 所指出，传统农业具有广泛的生态合理性、灵活性和多样性。

因此，60年代初国际水稻所率先进行多熟种植研究，其后国际发展中心、热带农业研究和培训中心、国际半干旱热带作物研究所、国际小麦玉米改良研究中心等都先后进行了多熟制的研究。特别是1976年美国农学会、作物学会和土壤学会联合编写了“多熟种植”，进一步从理论和实践上论证了多熟种植在增产粮食中的作用。1986年美国内布拉斯加大

学教授 C.A.Francis 组织了印度、哥斯达黎加、墨西哥、巴西等 9 国长期从事多熟制研究的 20 多位专家共同编写了这本“多熟制”，总结了国际上近 20 多年的研究成果和实践经验。正如国际发展中心和美国康奈尔大学教授 Nyle Brady 在本书的序言中所指出的，本书对世界各国发展多熟制的科学家和教育家都是很有价值的参考。特别是近 20 年在高度机械化人少地多的美国东南部和玉米带南部推行小麦、大豆两熟后，获得良好的效果，说明多熟制不仅适用于发展中国家，也适用于发达国家。

建国后我国多熟制的研究也取得较大的发展，特别是近年来生态农业的发展，逐渐形成粮棉油糖药菜等多种作物的多熟制。但为了加速实现中国传统农业的现代化，仍需要学习和借鉴国外的经验。1986 年校译者出国参加美国加利福尼亚圣达克鲁斯大学举行的第六届国际有机农业科学讨论会时，该校农业生态学教授 S.R.Gliessman（本书作者之一）向我推荐了本书。回国阅读后感到值得翻译出版，可供国内高等农业院校和科研单位学习参考。

由于校译者水平所限，错误在所难免，恳予指正。

### 校 译 者

北京农业大学农学系教授 王在德

四川农科院水稻所研究员 阴国大

北京农业大学农学系讲师 王 璞

山西农科院资源所助研 籍增顺

一九八八年十一月十日

## 序

没有其它任何的挑战比向人口不断增长的人类提供粮食更紧急，而且这一挑战从来没有象今天表现的明显。每年增加8千万以上的人口，几乎必须提供50亿人口的粮食。虽然过去两个世纪，科学家已努力促进世界粮食生产得到空前的增长，但是，每人粮食的增加还是微不足道。人口空前增长已大大地使粮食生产的增长变为无效。事实上，一些地区，如非洲撒哈拉南部的一些地区，土地已经丧失殆尽。在过去15年中，每人粮食生产已经下降。

传统上，粮食生产的增长是靠投入更多的土地获得的。但世界上较多的地区，特别是亚洲，一切能够经济耕种的土地基本上都已经利用了。大部分世界将来需要增加的粮食必须从已经耕种过的土地上获得更高的生产。这种增长的主要部分似乎都是从改良栽培作物品种，提供较高的单位面积产量获得的。但是在热带和亚热带的广大地区，还提出了第二种增加粮食生产的方法——每年在一定的土地上增加生产的作物数。这种多熟种植不仅提供增加粮食生产的潜力，而且每年还有更多的土地保持植被，减少土壤侵蚀。

多熟种植并不是新的东西。事实上，它是世界上最古老的种植制度。早在现代的统一栽培系统出现之前，就已进入混合栽培生产粮食，每年从一定的土地上，收获几个不同的作物。但近年来我们已生产出许多现代的工具，大大地提高多熟种植的潜力。早熟高产矮秆的粮食作物品种（原来是为

单一栽培制培育的)现在为二熟或三熟种植提供了巨大的潜力。在过去只生长一种作物的地方,一年生长两种甚至三种作物都是可能的。灌溉地的扩大,肥料和农药(特别是除莠剂)的有效利用,以及新发展的能够大大缩短作物之间农耗时间的最少耕作法,都提供了巨大的潜力。

通过多熟种植提高粮食生产的潜力,已明显地使种植制度的研究得到扩大,特别是热带。发展中国家的科学家与工业化国家的科学家,在他们的研究工作中已经联合起来。他们已经在利用多熟种植提高粮食生产上,取得了一些显著的成就,同时他们已注意到影响这种生产力因素的复杂性。这就促进了中间学科的研究和发展有关的名词术语。同时还导致更多地了解农民对改进多熟制技术的综合作用。

本教科书中的各章阐明了多熟制的复杂性和不同学科在改进多熟制中的有关作用。它还说明了在很大程度上决定不同种植制度适应性的两个主要的关键因素。

第一,较高级的技术特别需要适合多熟制。经验表明联合细小的成分并不能形成一个强大的多熟制。例如,系统中包含的品种应该是高产的,理论上能抗主要病虫害,并具有适应这个地区农业气候条件的农学特性。多熟制要求创造改良的品种类型,利用肥料和其它化学制品和相应的土壤和作物管理。

第二个要素是这些较高级的技术同等地形成高级的多熟制,即高级的农业系统。这不仅要求在科学家之间发展中间学科促进相互作用,而且在发展和改进系统过程中还要求农民参加。没有一种农业活动象多熟种植农业系统那样要求综合这样多的因素。在发展和改进系统之前,科学家们首先要“向农民学习”。许多这样的学习都是由社会科学家和经济

学家，帮助生物学家集中农民的意见和要求。

多熟制的复杂性和科学家研究这些系统的范围，在概念、命名和怎样了解发展要求与利用改进系统上，都已发生了某些混乱。部分的原因是由于科学家研究某种技术的出版物发表在其它学科的科学家不常阅读的专门学科的杂志上。因此，在一本书里很难综合满足有关多熟种植生物学、社会学和经济学各个方面评论的需要。

本书对世界上试图发展和改进多熟制的科学家和教育家来说，应该是很有价值的。近代研究成果的评论很有启发，并讨论将来需要研究的问题。本书的作者长期在这方面起着重要的创造作用——为发展中国家的农民承担生产粮食的重任。非常感谢编写本书的各位科学家。

美国康奈尔和国际发展中心

Nyle C. Brady



## 前 言

各种形式的多熟种植提供了世界粮食的重要部分。由于机械化种植和收获，多熟种植在一些地区消失，但在另一些地区，由于地价增涨和集约栽培而增多，这似乎是规律。这种复杂的种植制度正开始引起科学界的重视。另一方面，许多世纪以来农民就一直依靠这种制度生活。今天，多熟制的贡献是很明显的，可是大家都在考虑它将来的重要性。本书既探讨现今种植制度的潜力，也探索将来集约种植制度综合的潜力。

多熟制已取得很多的研究成果，对不了解年度报告、国家计划和国际中心未发表资料的读者来说，这些成果是不容易有效利用的。本书严谨地评述现有的文献和其它有关多熟种植的历史资料。各章作者都是根据他们领域内的专业经验遴选出来的，并用他们自己的研究和其它的已发表著作，做出前景评价的。本书从这些题目写出将来研究的方向和各个领域的发展意见。

从这个详细的情况来看，编者和作者们都希望本书能够激发研究工作者和各方面的专家，去探索将来研究和应用的潜力。这是一个复杂的领域，需要建立跨学科的名词术语，帮助区别它们的复杂程度。为了最大可能的利用有限的资源，与各方面的同志共同享用资料也很重要。最后希望有助于采用这些制度的小农民。

## 感谢!

本书是集体努力的成果，从观点概念的简要介绍，与作者们通信联系，一直到最后编辑出版，包括六大洲的许多同志，以及评论家的启发和鼓励。本书技术上依靠20位作者，分别为各章写评论和解说。很多同志都做出了同等重要的贡献。编写过程还得到内布拉斯加大学和罗德尔研究中心大力的支持。麦克米伦出版社 Sarah Greene 先生，从本书的概念到出版，提供技术指导。最后还感谢，编者家属的支持和鼓励。

Charles A. Francis  
Lincoln, Nebraska

## 作者名录

- Miguel A. Altieri 加利福尼亚大学, 伯克莱分校生物防治室 CA 94720
- Thomas C. Baker 国际小麦玉米研究中心, 小麦部, 墨西哥, Apartado 6—641, Mexico D.F., 0660
- Stillman Bradfield 卡拉马若学院 人类学系 Kalama-zoo, MI 49007
- Jeremy H.C. Davis 国际热带农业中心 豆类 哥伦比亚卡利 Apartado Aereo 6713
- Charles A. Francis 内布拉斯加大学 农学系 林肯 NE 68583
- Steven R. Gliessman 加利福尼亚大学 圣达克鲁斯分校 农业生态学, CA 95064
- Robert D. Hart WIIAD CARDI FSR/D 西印度 Sta Lucia Castries P.O. Box 971
- Matt Liebman 加利福尼亚大学 伯克莱分校 植物系 CA 94720
- John K. Lynam 国际热带农业中心 木薯 哥伦比亚卡利 Apartado Aereo 6713
- Stephen C. Mason 内布拉斯加大学 农学系 林肯 NE 68583

- Roger Mead 英口雷丁大学 应用统计学 雷丁  
Whiteknights
- Raul A. Moreno 国际热带农业中心 木薯 哥伦比亚  
卡利 Apartado Aereo  
6713
- Anne M. Parkhurst 内布拉斯加大学 生物统计 林肯  
NE 68583
- Donald L. Plucknett 国际农业研究顾问团, 世界银行  
1818 H St. NW 华盛顿 DC 20433
- M. R. Rao 国际半干旱热带农业研究所 印度  
海得拉巴 AP 502 324
- John H. Sanders 普杜大学 农业经济系 West Lafa-  
yette IN 47907
- Margaret E. Smith 国际小麦玉米研究中心 玉米墨西哥  
Apartado 6—641 Mexico D.F.  
0660
- Nigel J. H. Smith 佛罗里达大学 地理系 Gainesville  
FL 32611
- Brian R. Trenbath 12 New Road, 英口雷丁 Berks  
RG1 5JD
- Jonathan N. Woolley 国际热带农业研究中心, 木薯, 哥伦  
比亚 卡利 Apartado Aereo 6713

# 目 录

|      |                     |        |
|------|---------------------|--------|
| 第1章  | 绪论：多熟种植的分布和意义·····  | ( 1 )  |
| 第2章  | 多熟种植的历史背景·····      | ( 23 ) |
| 第3章  | 多熟种植研究的生态学框架·····   | ( 43 ) |
| 第4章  | 间作的资源利用·····        | ( 63 ) |
| 第5章  | 多熟制中植物的相互作用·····    | ( 93 ) |
| 第6章  | 禾谷类作物多熟种植·····      | (106)  |
| 第7章  | 豆科与淀粉块根作物多熟种植·····  | (147)  |
| 第8章  | 多熟制农学·····          | (177)  |
| 第9章  | 多熟制中昆虫、杂草和植病管理····· | (202)  |
| 第10章 | 多熟制育种·····          | (243)  |
| 第11章 | 多熟种植中的经济学与风险·····   | (276)  |
| 第12章 | 多熟制社会文化因素·····      | (295)  |
| 第13章 | 多熟种植的研究方法·····      | (316)  |
| 第14章 | 多熟制的统计方法·····       | (355)  |
| 第15章 | 多熟种植将来的远景·····      | (394)  |

# 第 1 章 绪论：多熟种植 的分布和意义

*Charles A. Francis*

多熟制是有组织农业的第一种型式。从原始的狩猎采集社会到定居农业，人类就和动物、植物种一起演进。早期的多熟制是以植物种广泛的多样性为特点，动植物和人类整合在一起，并且是围绕食物生产需要安排的一种生活方式。因此，在我们现在大家都知道的文明历史中，多熟种植有其历史的根源。

多熟种植已经发展到适合于无限的、地理和气候的生态位，所以每个农场都有不同的制度，它们适应农场唯一的微条件和农场家庭的目的（图 1—1）。无疑地，这些复杂的集约制度，对农业和社会发展都起了重要的作用。今天在发展中国家中，它们仍继续地起着重要的作用，这主要说明它们对广大农民的价值。作物轮作、间作、加播豆科作物到禾本科作物中以及复种均受到人们的重视。这些集约生产和预防侵蚀的方法在全世界温带地区的重要性正在日益增长。

但是多熟制将来如何？农民们仍继续在不同季节把各种作物种在一起。在科学研究单位，多熟种植对生态学家具有强烈的吸引力，生态学家把它的结构比做自然生态系统的多样性和生物学的稳定性（图 1—2）。农学家和生理学家对资源利用扩大到一年以上的潜力和自然环境以更大的总开发量生产粮食发生兴趣，经济学家关心生产和投入的稳定性，



图1—1 哥斯达黎加，卡尼亚斯，瓜纳斯特附近农家间种的芋、甘蔗、胡椒、香蕉和其它各种的植物 (Stephen. Gliessman 博士摄)

他们看到这些复杂系统多样性的优点，缓和一年中的家庭收入。通过种植各种的植物，使植物生产与家庭幸福生活有关的和营养学家重视的动物整合起来就能提供家庭的食物。社会科学家从他们的研究活动中，了解到联系人民和他们的环境潜力目标的线索，并帮助他们达到这些目标。

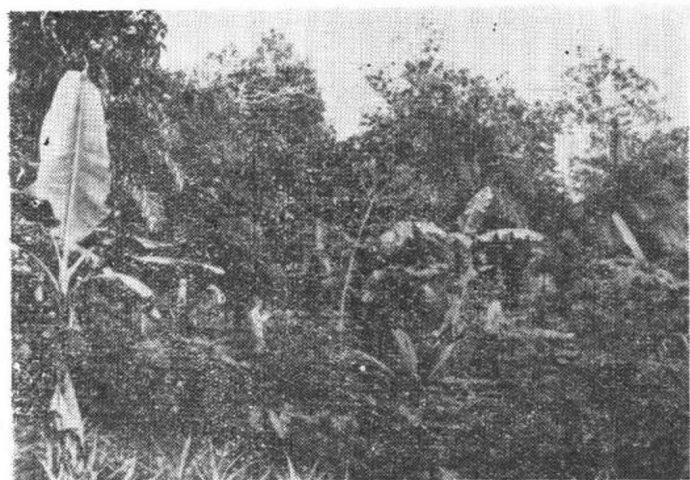


图 1—2 哥斯达黎加，河拉胡埃拉，别霍附近  
各种复杂的农家庭院农业生态系统 (Stephen  
Gliessman 博士摄)

研究机关开发这些复杂系统的兴趣日益增加，并看到应该从农民那里学习什么东西。我们的调查提出有科学技术根据的改进意见。研究机关的这种兴趣可从（表 1—1）中得到说明，表中指出国际热带半干旱作物研究所，每 5 年总结一次有关研究多熟种植的文献数量，从这个表可清楚地看到研究的重要性正在增加。

相反，其他的科学家和前进中的人民，甚至论证继续加强专业化，单作栽培和向更大的农场发展的趋势。这些几十年来的趋势还将继续下去，多熟和小农场将慢慢消失，他们主张更多的投资到控制环境和从单一作物达到最高的生产水平。这些专家的结论指出，研究和开发资源应该集中到一些



表 1-1 14种作物每隔5年(1950—1980)国际热带半干旱  
作物研究所发表的论文篇数说明促进间作研究

| 作物  | 第1次发表 | 1950前 | 1951—1955 | 1956—1960 | 1961—1965 | 1966—1970 | 1971—1975 | 1976—1980 | 总计   |
|-----|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| 木薯  | 1917  | 5     | 1         | 4         | 1         | 4         | 25        | 44        | 84   |
| 鹰嘴豆 | 1914  | 2     | 3         | 2         | 21        | 10        | 5         | 23        | 66   |
| 菜豆  | 1956  | 0     | 0         | 3         | 0         | 1         | 14        | 41        | 59   |
| 棉花  | 1940  | 8     | 8         | 19        | 18        | 14        | 28        | 38        | 133  |
| 豇豆  | 1949  | 1     | 1         | 2         | 5         | 9         | 38        | 123       | 178  |
| 花生  | 1937  | 9     | 4         | 9         | 17        | 14        | 25        | 100       | 178  |
| 绿豆  | 1954  | 0     | 2         | 0         | 5         | 12        | 30        | 98        | 147  |
| 珍珠粟 | 1943  | 3     | 1         | 0         | 5         | 11        | 23        | 71        | 114  |
| 木豆  | 1943  | 6     | 4         | 2         | 1         | 4         | 30        | 91        | 138  |
| 水稻  | 1942  | 2     | 1         | 5         | 4         | 5         | 34        | 35        | 86   |
| 高粱  | 1941  | 7     | 4         | 15        | 20        | 21        | 52        | 145       | 264  |
| 大豆  | 1937  | 6     | 2         | 7         | 31        | 20        | 53        | 108       | 227  |
| 甘蔗  | 1933  | 2     | 7         | 6         | 18        | 16        | 53        | 40        | 142  |
| 小麦  | 1929  | 9     | 4         | 11        | 50        | 22        | 30        | 43        | 169  |
| 总计  |       | 60    | 42        | 85        | 196       | 163       | 440       | 1000      | 1986 |

引自, M.R.Rao博士, 1984 (未发表的材料)。